

Docket No.: 50395-263

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of : Customer Number: 20277  
:   
Kengo MATSUMOTO : Confirmation Number:  
:   
Serial No.: : Group Art Unit:  
:   
Filed: March 26, 2004 : Examiner: Unknown  
:

For: A LIGHT-RECEIVING CIRCUIT CAPABLE OF COMPENSATING A TEMPERATURE  
DEPENDENCE OF AN OPTICAL SENSITIVITY OF A PHOTODIODE

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

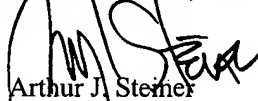
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2003-089274, filed March 27, 2003**

A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Arthur J. Steiner  
Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 AJS:tlb  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: March 26, 2004**



50395-263  
MATSUMOTO  
March 26, 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

*McDermott, Will & Emery*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    3 月 2 7 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 8 9 2 7 4  
Application Number:

[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 0 8 9 2 7 4 ]

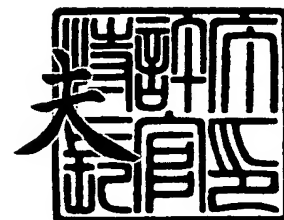
出      願      人                      住 友 電 気 工 業 株 式 会 社  
Applicant(s):



2 0 0 3 年    9 月 1 6 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 5 7 7 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 102Y0663

【提出日】 平成15年 3月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03G 3/12

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 松元 健悟

【特許出願人】

    【識別番号】 000002130

    【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100088155

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

    【識別番号】 100089978

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

    【識別番号】 100092657

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

    【識別番号】 100110582

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 柴田 昌聰

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光受信回路

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 受光した光の強度に応じた電気信号を出力するアバランシェ・フォトダイオードと、

前記アバランシェ・フォトダイオードに逆方向に印加されるバイアス電圧を供給するバイアス回路と、

前記アバランシェ・フォトダイオードの温度に応じて前記バイアス回路の出力値を変化させる温度特性補償回路と、

前記バイアス回路の出力に接続された一端及びノードに接続された他端を有する第 1 の抵抗素子と、

基準電位線に接続された一端及び前記ノードに接続された他端を有する第 2 の抵抗素子とを備え、

前記ノードが前記バイアス回路の入力に接続されており、

前記温度特性補償回路が、

差動増幅器と、前記差動増幅器の反転入力に接続された第 1 入力端子と、前記反転入力と前記第 1 入力端子との間に介在する第 3 の抵抗素子と、前記差動増幅器の出力と前記反転入力とを結ぶ負帰還回路と、前記差動増幅器の非反転入力に接続された第 2 入力端子と、前記ノードに接続された一端及び前記差動増幅器の出力に接続された他端を有する第 4 の抵抗素子とを含んで構成され、

前記負帰還回路が温度変化に対して線形性の抵抗値を有する感温抵抗素子を含み、前記感温抵抗素子が前記アバランシェ・フォトダイオードの温度を検出するように配置されている

ことを特徴とする光受信回路。

【請求項 2】 前記感温抵抗素子の温度係数の絶対値が  $1000 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$  以上である

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光受信回路。

【請求項 3】 前記第 1 入力端子及び前記第 2 入力端子に接続された D-A 変換部を制御して、前記第 1 入力端子及び前記第 2 入力端子にそれぞれ印加され

る電圧値を調整する制御部を更に備えた

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光受信回路。

【請求項 4】 前記アバランシェ・フォトダイオードの温度に応じた信号を出力する温度検出部を更に備え、

前記制御部が、前記信号に基づいて前記 D-A 変換部を制御して、前記第 1 入力端子及び前記第 2 入力端子に印加される電圧値を調整する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の光受信回路。

【請求項 5】 前記制御部が、前記アバランシェ・フォトダイオードの温度が規定値以上になったときに、前記 D-A 変換部を制御して前記第 1 入力端子に印加される電圧値を変化させ、前記第 1 入力端子に印加される電圧値と前記第 2 入力端子に印加される電圧値との差を減少させる

ことを特徴とする請求項 4 に記載の光受信回路。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、光受信回路に関するものである。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

アバランシェ・フォトダイオード (APD; Avalanche Photodiode) は、高感度特性、高速応答特性を備えた光電変換素子であり、例えば光通信システムにおける受光装置への適用に適している。他方、APD には、その増幅率が温度によって変化し、その結果信号歪みを発生させるという欠点がある。特に 10～40 Gbps の高速通信ではかかる信号歪みが伝達信号のエラーの要因になる。そのため、APD を用いた光受信回路では、APD の温度特性を補償して増幅率を一定に保つための温度特性補償手段が要求される。

##### 【0003】

かかる温度特性補償手段の従来技術として、第 2621299 号特許公報 (特許文献 1) に開示されるように、トランジスタの温度特性に基づいて APD バイアス電圧制御回路からの出力電圧を変化させる技術がある (第 1 従来技術)。ま

た、図1に示すように、サミスタの温度特性に基づいて、バイアス回路の出力値 ( $V_{out}$ ) を変化させる技術がある (第2従来技術)。

#### 【0004】

特開平11-205249号公報 (特許文献2) には、温度センサ (出力電圧に任意の温度係数を持つ素子) が、トランジスタのベース電圧値を変化させ、これによってコレクタ電流値 (このコレクタ電流値の標準レベルはエミッタに直列接続された可変抵抗によって可変される。) を変化させてバイアス電圧値を調整する技術が開示されている (第3従来技術)。

#### 【0005】

【特許文献1】 第2621299号特許公報

【特許文献2】 特開平11-205249号公報

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、第1及び第2従来技術には、トランジスタやサミスタの温度特性が非線形性なので、線形性の温度特性を有する (一定の強度の光が入射しているときのAPDが最適増幅率となる端子間電圧値がAPDの温度の一次関数として表される。) APDの温度変化を適確に補償するのが困難であるという問題点があった。

#### 【0007】

さらに、第1従来技術には温度特性補償回路の出力における温度係数が固定されているので、APDの温度特性の個体差 (例えば、10Gbpsの光通信に使用されるAPDでは10%程度のばらつきがある。) に対応することができないという問題点があった。第2従来技術では、可変抵抗 $R_{v1}$  (温度係数調整用可変抵抗) の抵抗値を変化させて $V_{out}$ の温度係数を調整することができる。しかし、以下の式(1)及び(2)に示されるように、可変抵抗 $R_{v2}$  (設定電圧値 (アバランシェ・フォトダイオードが所定の温度であるときの出力値) 調整用可変抵抗) の抵抗値を調整したときに、可変抵抗 $R_{v2}$ の抵抗値の変化が $V_{out}$ の温度係数に影響を与えてしまうので、やはりAPDの温度特性の個体差に対応するように温度係数を調整するのが困難であるという問題点があった。

【0008】

【数1】

$$R_{para} = \frac{R_{v1} \cdot R_{ths}}{R_{v1} + R_{ths}} = \frac{R_{v1}}{\frac{R_{v1}}{R_{ths}} + 1} [\Omega] \cdots (1)$$

$$V_{out} = V_{ref} \left(1 + \frac{R_{v2}}{R_{para}}\right) [V] \cdots (2)$$

【0009】

第3従来技術には、温度特性補償回路中のトランジスタ及び可変抵抗（設定電圧値調整用可変抵抗）の温度特性の影響を受けるので、APDの個体差に対応するように温度係数を調整するのが困難であるという問題点があった。

【0010】

本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、バイアス回路の出力値の温度係数と設定電圧値とを独立に調整することができる光受信回路を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の光受信回路は、受光した光の強度に応じた電気信号を出力するアバランシェ・フォトダイオードと、アバランシェ・フォトダイオードに逆方向に印加されるバイアス電圧を供給するバイアス回路と、アバランシェ・フォトダイオードの温度に応じてバイアス回路の出力値を変化させる温度特性補償回路と、バイアス回路の出力に接続された一端及びノードに接続された他端を有する第1の抵抗素子と、基準電位線に接続された一端及びノードに接続された他端を有する第2の抵抗素子とを備え、ノードがバイアス回路の入力に接続されており、温度特性補償回路が、差動増幅器と、差動増幅器の反転入力に接続された第1入力端子と、反転入力と第1入力端子との間に介在する第3の抵抗素子と、差動増幅器の出力と反転入力とを結ぶ負帰還回路と、差動増幅器の非反転入力に接続された第2入力端子と、ノードに接続された一端及び差動増幅器の出力に接続された他端を有する第4の抵抗素子とを含んで構成され、負帰



還回路が温度変化に対して線形性の抵抗値を有する感温抵抗素子を含み、感温抵抗素子がアバランシェ・フォトダイオードの温度を検出するように配置されていることを特徴とする。

#### 【0012】

第1入力端子に $V_1$  [V] の電圧を、第2入力端子に $V_2$  [V] の電圧を印加したとき、反転入力と第1入力端子との間に介在する抵抗素子の抵抗値を $R$  [ $\Omega$ ] とおくと、この抵抗素子に $\Delta V / R$  ( $\Delta V = V_1 - V_2$ ) [A] の電流が流れ、この電流が負帰還回路に流れ込む。感温抵抗が負帰還回路に介在するので、感温抵抗の抵抗値を $R_{th}$  とおくと、入力と出力との間に $\Delta V \cdot R_{th} / R$  [V] の電位差が生じる。したがって、差動増幅器の出力値は、 $V_2 - \Delta V \cdot R_{th} / R$  [V] となる。そのため、差動増幅器の出力値は感温抵抗の温度変化に対して線形性であり、また $\Delta V$ の値を増減させることにより温度係数を調整することができる。さらに、 $V_2$ の値を増減させることにより、調整された温度係数を変動させることなく差動増幅器の出力値の設定電圧値を調整することができる。その結果、 $\Delta V$ 及び $V_2$ の値を増減させることによりバイアス回路の出力値の温度係数と設定電圧値とを独立に調整することができる。

#### 【0013】

本発明の光受信回路は、感温抵抗素子の温度係数の絶対値が $1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以上であることが好適である。これにより、容易に、アバランシェ・フォトダイオードが最適増幅率になる端子間電圧値の温度に対する変化率に相当する大きな温度係数を温度特性補償機能に持たせることができる。

#### 【0014】

本発明の光受信回路は、第1入力端子及び第2入力端子に接続されたD-A変換部を制御して、第1入力端子及び第2入力端子にそれぞれ印加される電圧値を調整する制御部を更に備えたことが好適である。これにより、制御部が温度特性補償回路の入力値を調整して、適当な値のバイアス回路の出力値の温度係数及び設定電圧値を実現させることが可能になる。

#### 【0015】

また、本発明の光受信回路は、アバランシェ・フォトダイオードの温度に応じ

た信号を出力する温度検出部を更に備え、制御部が、信号に基づいてD-A変換部を制御して、第1入力端子及び第2入力端子に印加される電圧値を調整することが好適である。これにより、アバランシェ・フォトダイオードの温度に基づいた制御部による温度特性補償回路の入力値の調整が可能になる。

#### 【0016】

さらに、本発明の光受信回路は、制御部が、アバランシェ・フォトダイオードの温度が規定値以上になったときに、D-A変換部を制御して第1入力端子に印加される電圧値を変化させ、第1入力端子に印加される電圧値と第2入力端子に印加される電圧値との差を減少させることが好適である。これにより、アバランシェ・フォトダイオードの温度が非常に高くなったときにバイアス回路の出力値の温度係数を減少させてアバランシェ・フォトダイオードの破壊を防ぐなどの調整が可能になる。

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、本発明の光受信回路、光受信モジュール及び光通信システムの好適な実施形態について詳細に説明する。なお、同一要素には同一符号を用いるものとし、重複する説明は省略する。

#### 【0018】

##### (第1実施形態)

図2は、第1実施形態の光受信回路Aの回路図である。光受信回路Aは、APD（アバランシェ・フォトダイオード）7と、出力（o点）から $V_{out}$  [V]の電圧を出力して抵抗ネットワークR3を介してAPD7に逆方向に印加されるバイアス電圧を供給するバイアス回路2と、c点で抵抗R4を介して分圧回路（一方の端部がバイアス回路2の出力（o点）に接続された抵抗R2と、一方の端部がクランドに接続された抵抗R1と、抵抗R2の他方の端部及び抵抗R1の他方の端部と接続されると共に抵抗R7を介してバイアス回路2の入力（d点）に接続された分圧点（ノード、c点）とにより構成される。）に接続された温度特性補償回路1とを備える。APD7は、光を受光するとこの光の強度に比例する光電流 $I_m$ を発生させる。光電流 $I_m$ の光の強度に対する比（増幅率）は、AP

D7に逆方向に印加されるバイアス電圧の値によって決定される。

#### 【0019】

温度特性補償回路1の構成及び動作を説明する。温度特性補償回路1は、オペアンプ11、感温抵抗 $R_{th}$ 、抵抗 $R_5$ 、抵抗 $R_6$ 、入力端子 $T_{in1}$ 、入力端子 $T_{in2}$ 及び抵抗 $R_4$ により構成される。オペアンプ11には、出力と反転入力と結ぶ負帰還回路が形成されている。この負帰還回路には、温度変化に対して線形性の抵抗値を有する感温抵抗 $R_{th}$ が介在する。具体的には、この抵抗値は次の式(3)により表される。なお、「\*」は乗算を示す。

$$R_{th} = R_5 * (1 + a * (T - T_0)) \quad [\Omega] \cdots (3)$$

ただし、 $T_0$ は感温抵抗 $R_{th}$ の初期温度[℃]を、 $T$ は感温抵抗 $R_{th}$ の温度[℃]を、 $R_5$ は感温抵抗 $R_{th}$ の初期温度 $T_0$ [℃]における抵抗値[Ω]（後述する抵抗 $R_5$ の抵抗値と等しい。）を、 $R_5 * a$ は感温抵抗 $R_{th}$ の温度係数を示す。

#### 【0020】

本実施形態では、感温抵抗 $R_{th}$ として温度係数が1000ppm/℃以上のものが用いられる。かかる感温抵抗の例としてPanasonic角形感温チップ固定抵抗器ERA V, S（品番構成：ERAS15J103V）がある。感温抵抗 $R_{th}$ は、小型のパッケージの中でAPD7に近接して配置されており、APD7の温度を検出する。

#### 【0021】

オペアンプ11の非反転入力抵抗 $R_6$ を介して入力端子 $T_{in2}$ に接続されており、オペアンプ11の反転入力抵抗 $R_5$ を介して入力端子 $T_{in1}$ に接続されている。入力端子 $T_{in2}$ には $V_{set}$ [V]の電圧（設定電圧値（APD7が所定の温度であるときのバイアス回路2の出力値）を調整するための入力電圧）が印加され、入力端子 $T_{in1}$ には $V_{set} + V_{slope}$ [V]の電圧（バイアス回路2の出力値の温度係数を調整するための入力電圧）が印加される。

#### 【0022】

入力端子 $T_{in1}$ と反転入力との間には $V_{slope}$ [V]の電位差が生じ、 $V_{slope} / R_5$ [A]の電流が抵抗 $R_5$ 及び感温抵抗 $R_{th}$ に流れる。した

がって、オペアンプ11の出力値 $V_{cont}$ は、反転入力 of 電位よりも $R_{th} * V_{slope} / R_5$  [V] だけ降下した値となる。すなわち、 $V_{cont}$ の値は次の式(4)で表される。

$$\begin{aligned} V_{cont} &= V_{set} - \{ R_5 * (1 + a * (T - T_0)) * (V_{slope} / R_5) \} \\ &= V_{set} - \{ V_{slope} * (1 + a * (T - T_0)) \} \quad [V] \cdots (4) \end{aligned}$$

以上のとおり、温度特性補償回路1には感温抵抗 $R_{th}$ の温度に対して線形性の出力値が表れ、その温度係数は $V_{slope}$ を増減することにより調整することができる。さらに、 $V_{set}$ を増減することにより、調整された温度係数に影響を与えることなく出力値の標準レベル(初期温度 $T_0$  [°C] のときの出力値)を調整することができる。

#### 【0023】

次に、バイアス回路2の構成及び動作を説明する。バイアス回路2は、DC-DCコンバータ部3、平滑化部5及び上述の分圧回路により構成されている。

#### 【0024】

DC-DCコンバータ部3は、オペアンプ31、基準電圧発生回路32、コンパレータ33、三角波発振器34、 $n$ チャネルMOSFET35及びチョークコイル37により構成される。オペアンプ31の反転入力には、基準電圧発生回路32により $V_{ref}$  [V] の電圧が印加されている。コンパレータ33の非反転入力には三角波発振器34が発振する三角波の電圧信号が入力され、反転入力には前段のオペアンプ31の出力が入力される。したがって、コンパレータ33は、三角波の電位がオペアンプ31の出力値よりも高くなっているタイミングにおいて正の電位を出力する。すなわち、オペアンプ31の出力値が低いときには正の電位が出力されるスパンが長くなり、オペアンプ31の出力値が上昇したときには正の電位が出力されるスパンが短くなる。

#### 【0025】

コンパレータ33の出力はチョップ装置として機能する $n$ チャネルMOSFET35のゲートに接続されている。また、 $n$ チャネルMOSFET35のソースがグランド接地されており、ドレインがチョークコイル37を介して正の定電圧

を供給する電源  $V_{in}$  に接続されている。したがって、コンパレータ 33 が正の電圧を出力しているタイミングにおいて n チャンネル MOSFET 35 にドレイン電流が流れる。

#### 【0026】

n チャンネル MOSFET 35 のゲートに正の電圧が印加されると、チョークコイル 37 に流れる電流を増大させつつ、チョークコイル 37 に磁気エネルギーを蓄積していく。チョークコイルに流れる電流が  $I_1$  [A] まで強まったとき、チョークコイル 37 には  $1/2 * L * I_1^2$  [J] (ただし、 $L$  はチョークコイル 37 のインダクタンス [H] を表す。) の磁気エネルギーが蓄えられる。チョークコイル 37 が蓄えた磁気エネルギーは、n チャンネル MOSFET 35 のゲートに負の電圧が印加されているタイミングにおいて、すなわち三角波発振器 34 により発せられた三角波の電位がオペアンプ 31 の出力値よりも低くなっているタイミングにおいて、平滑化部 5 に放出される。

#### 【0027】

平滑化部 5 はコンデンサ 51 及びダイオード 53 により構成される。ダイオード 53 のアノードがチョークコイル 37 と n チャンネル MOSFET 35 のドレインとを結ぶ導線部に接続されている。ダイオード 53 のアノードには、チョークコイル 37 に流れる電流が増大しているタイミングにおいて低い電圧 ( $V_{in} - L * \Delta I_1 / \Delta t$  [V]) が印加され、ドレイン電流が流れなくなったときに高い電圧 (チョークコイル 37 に流れる電流が一定であるときに  $V_{in}$  [V]) が印加される。このようにして、平滑化部 5 には、n チャンネル MOSFET 35 のゲートに正の電圧が印加されるタイミングに応じた交流電圧が印加される。

#### 【0028】

コンデンサ 51 は、一端がグランド接地され、他端がダイオード 53 のカソード及びバイアス回路 2 の出力 (o 点) と接続されている。コンデンサ 51 は、ダイオード 53 のアノードに高い電圧が印加されたときにコンデンサ 51 に蓄積される電荷量を増大させ、印加される電圧が低下したときに蓄積した電荷を抵抗成分を介して緩やかに放出することにより、o 点側の端部の電位を維持する。コンデンサ 51 の静電容量はバイアス回路 2 の出力値の変動が小さくなるように調整

される。

#### 【0029】

バイアス回路2の出力は、抵抗R2と抵抗R1とにより分圧され、分圧点（c点）に分圧電圧が表れる。さらに、分圧点とバイアス回路2の入力（d点）とが抵抗R7を介して接続され、分圧電圧がフィードバックされることにより次のような負帰還動作が働く。c点の電位が低下しオペアンプ31の非反転入力に入力される電圧値が下がったとき、nチャネルNOSFET35にドレイン電流が通電しているスパンが長くなり、バイアス回路2の出力値が上がる。そのためバイアス回路2の出力とc点との間の電位差が大きくなり、バイアス回路2の出力から抵抗R2を介してc点に流れ込む電流が大きくなる。その結果、c点から抵抗R1及び抵抗R4に流れ込む電流が大きくなり、c点の電位が上昇するという負帰還が働く。

#### 【0030】

温度特性補償回路1の出力は、抵抗R4を介してc点でバイアス回路2の分圧回路と接続されている。ここで、温度特性補償回路1への入力を調整することによってVoutの値を制御する動作を説明する。

#### 【0031】

感温抵抗の温度が上昇し温度特性補償回路1の出力値Vcont [V] が下がったとき、c点及びオペアンプ31の非反転入力の電位が低下し、バイアス回路2の出力値が上昇するが、上述のバイアス回路2の負帰還動作によりc点及びオペアンプ31の非反転入力の電位はVref [V] に回復する。このとき、温度特性補償回路1の出力値の変化分を $\Delta V_{cont}$  [V] とすると、抵抗R2を流れる電流及び抵抗R4を流れる電流はそれぞれ $\Delta V_{cont} / R4$  [A] だけ大きくなっている。そのため、バイアス回路の出力値は、 $(\Delta V_{cont} / R4) * R2$  [V] だけ上昇している。

#### 【0032】

c点及びオペアンプ31の非反転入力の電位がVref [V] に回復したときのバイアス回路の出力値は、次の式（5）で表される。

$$V_{out} = (1 + G + G * R4 / R1) V_{ref} - G * V_{cont}$$

$$= (1 + G + G * R4 / R1) V_{ref} - G * V_{set} + G * V_{slope} * (1 + a * (T - T0))$$

$$= \{ (1 + G + G * R4 / R1) V_{ref} - G * V_{set} + G * V_{slope} \} + G * V_{slope} * a * (T - T0) \quad [V] \cdots (5)$$

ただし、 $R2 = G * R4$ 。

### 【0033】

このように  $V_{out}$  は、感温抵抗  $R_{th}$  の温度  $T$  [°C] の一次関数として表される。式 (5) の第2項  $G * V_{slope} * a * (T - T0)$  が一次の項であり、 $G * V_{slope} * a$  が温度係数となる。したがって、 $V_{slope}$  の値を増減させることにより  $V_{out}$  の温度係数を調整することができる。

### 【0034】

また、式 (5) の第1項  $\{ (1 + G + G * R4 / R1) V_{ref} - G * V_{set} + G * V_{slope} \}$  が  $V_{out}$  の設定電圧値を表す。したがって、 $V_{slope}$  の値を決定した後、 $V_{set}$  の値を増減させることにより、調整された温度係数に影響を与えることなく  $V_{out}$  の設定電圧値を調整することができる。

### 【0035】

図3は、APD7の温度が0°C、25°C及び50°Cの場合におけるAPD7へ入射する光の強度（光入力レベル）と、最適増倍率（誤り率が最小になる増倍率）になるバイアス電圧値との関係を示す。図3に示すように、一定の光入力レベルのもとで最適増倍率を実現するバイアス電圧値はAPD7の温度によって異なる。一定の光入力レベルのもとで最適増倍率を実現するバイアス電圧値はAPD7の温度に対して線形性の変化をする。

### 【0036】

本実施形態では、温度特性補償回路1への入力値を調整することで容易にAPD7の温度特性の個体差に応じた温度係数の調整をすることができる。APD7に印加されるバイアス電圧値  $V_{apd}$  [V] は、次の式 (6) で表される。

$$V_{apd} = V_{out} - R3 * I_m \quad [V] \cdots (6)$$

$V_{slope}$  の値を調整することによりバイアス電圧値  $V_{apd}$  の温度係数をAPD7の温度特性に対応させることができる。また、 $V_{set}$  の値を調整するこ

とにより、調整された温度係数に影響を与えることなく、APD 7 が最適増幅率で動作するバイアス電圧値  $V_{apd}$  の標準レベルを実現することができる。

### 【0037】

#### (第2実施形態)

図4は、第2実施形態の光受信回路Cの回路図である。光受信回路Cは、制御部として機能するマイクロプロセッサ13及びAPD 7の温度に応じた信号を出力するサミスタ15を備える。マイクロプロセッサ13が、DAC 1及びDAC 2（デジタル－アナログ変換器）を制御して入力端子  $T_{in1}$  及び入力端子  $T_{in2}$  に印加される入力電圧値を調整して、適当な値のバイアス回路2の出力値の温度係数及びバイアス回路2の設定電圧値を実現させる。なお、入力端子  $T_{in1}$  及び入力端子  $T_{in2}$  に接続されたD－A変換部は、マイクロプロセッサ13に内蔵されたものであってもよい。光受信回路Cは、これらの点で第1実施形態の光受信回路Bと構成が異なるが、その他の点では光受信回路Bと同様に構成される。

### 【0038】

サミスタ15はAPD 7に近接して配置され、APD 7の温度に応じた信号を出力する。マイクロプロセッサ13は、サミスタ15が出力した信号に応じてDAC 1を制御して  $T_{in1}$  に  $V_{set} + V_{slope}(T)$  [V] の電圧を印加する。ただし、 $V_{slope}(T)$  は、APD 7の温度が所定の範囲内にあるときには正の一定の値であるが、APD 7の温度が所定の範囲を超えて上昇したときには小さくなるように制御される。このようにして、APD 7の温度が非常に高くなったときにバイアス電圧値の温度係数を減少させてAPD 7の破壊を防ぐことができる。

### 【0039】

#### (第3実施形態)

図5は、第3実施形態の光通信システムDの機能的構成を示す図である。光通信システムDは、光信号発信装置81、光信号受信装置83及び中継器9を備え、光信号発信装置81と中継器9とが光ファイバ82により接続され、また中継器9と光信号受信装置83とが光ファイバ84により接続されている。中継器9



は、上記いずれかの実施形態の光受信回路（バイアス回路 913、APD 911）を含んで構成される光受信モジュール 91 を備える。光信号発信装置 81 により発信された光信号  $P_s$  は光ファイバ 82 を伝播し、光コネクタ 915 を介して APD 911 に入射する。光信号  $P_s$  は APD 911 により電気信号に変換され出力端子 917 から出力される。

#### 【0040】

出力端子 917 から出力された電気信号は、信号補正／増幅部 95 で信号歪みの補正、雑音の除去などの信号補正及び信号の増幅がなされる。

#### 【0041】

中継器 9 は、光発信モジュール 93 を備える。光発信モジュール 93 は、レーザダイオード 931、レーザダイオード 931 へ駆動電流を供給する LD ドライバ 933、入力された変調信号に応じてレーザダイオード 931 から出射したレーザ光の光強度を変調する光変調部 933、光変調部 933 に変調信号を入力する光変調部駆動回路 934 を備える。信号補正／増幅部 95 から出力された電気信号は入力端子 937 を介して光変調部駆動回路 934 に入力される。光変調部駆動回路 934 は、入力された電気信号に応じた変調信号を光変調部 933 に入力する。レーザダイオード 931 から出射したレーザ光は、光変調部 933 で変調されることにより光信号  $P_s$  が増幅された光信号  $P's$  となり、光コネクタ 935 を介して光ファイバ 84 に入射する。光信号  $P's$  は光ファイバ 84 を伝播し、光信号受信装置 83 により受信される。

#### 【0042】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明により、APD の温度特性の個体差に対応した温度係数の調整を容易にさせる温度特性補償機能を備えた光受信回路を提供することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

温度特性補償機能を実現する従来技術の回路図である。

#### 【図 2】

第1実施形態の光受信回路Aの回路図である。

【図3】

APD7の温度が0℃、25℃及び50℃の場合におけるAPD7へ入射する光の強度（光入力レベル）と、最適増倍率（誤り率が最小になる増倍率）となるバイアス電圧値との関係を示す。

【図4】

第2実施形態の光受信回路Cの回路図である。

【図5】

第3実施形態の光通信システムDの機能的構成図である。

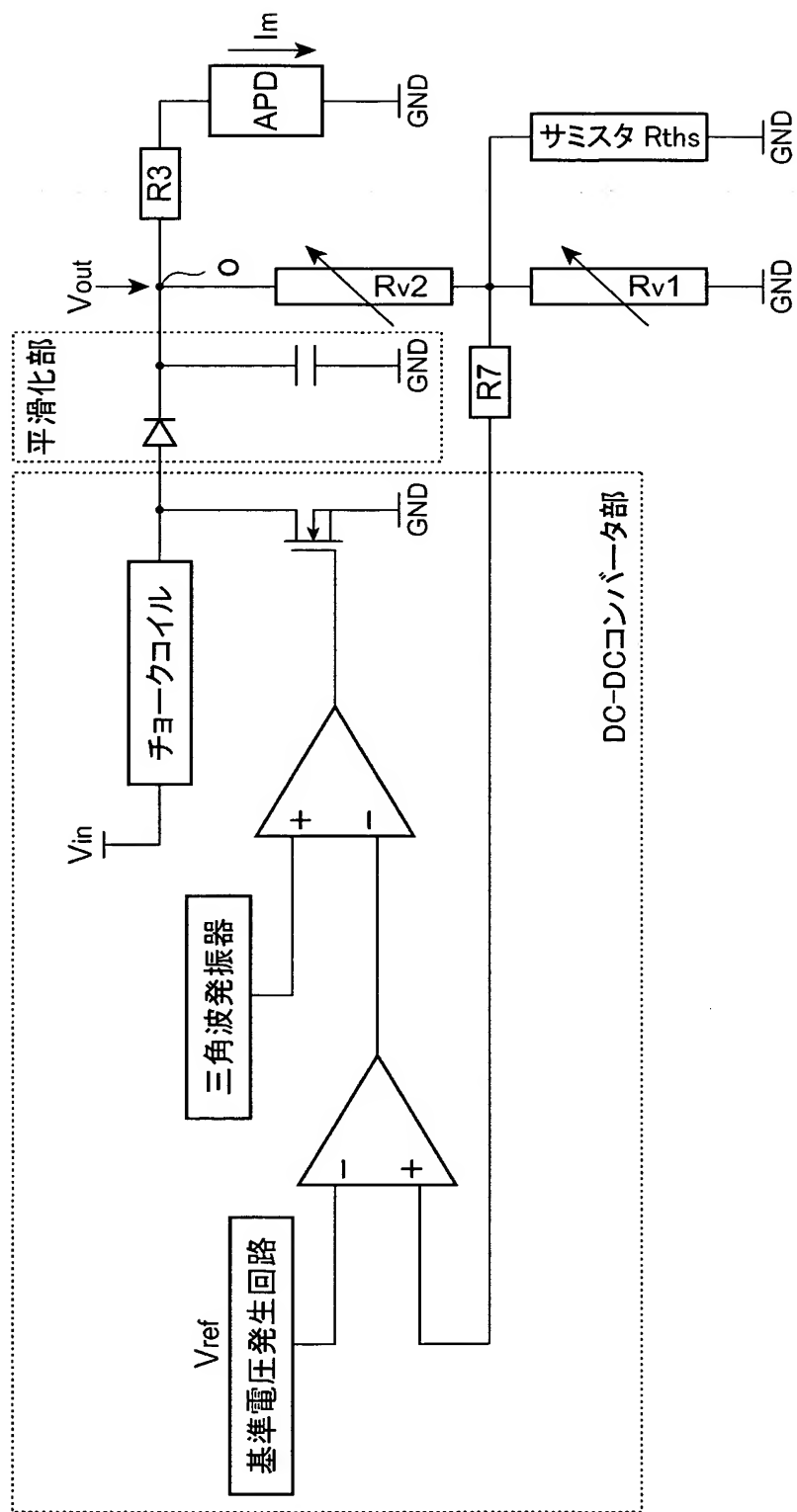
【符号の説明】

1…温度特性補償回路、11…オペアンプ、13…マイクロプロセッサ、15…サミスタ、Rth…感温抵抗、2…バイアス回路、3…DC-DCコンバータ部、31…オペアンプ、32…基準電圧発生回路、33…コンパレータ、34…三角波発振器、35…nチャネルMOSFET、37…チョークコイル、5…平滑化部、51…コンデンサ、53…ダイオード、7…アバランシェ・フォトダイオード、81…光信号発信装置、83…光信号受信装置、82、84…光ファイバ、9…中継器、91…光受信モジュール、911…アバランシェ・フォトダイオード、913…バイアス回路、915…光コネクタ、917…出力端子、93…光発信モジュール、931…レーザダイオード、932…LDドライバ、933…光変調部、934…光変調部駆動回路、935…光コネクタ、937…入力端子、95…信号補正／増幅部。

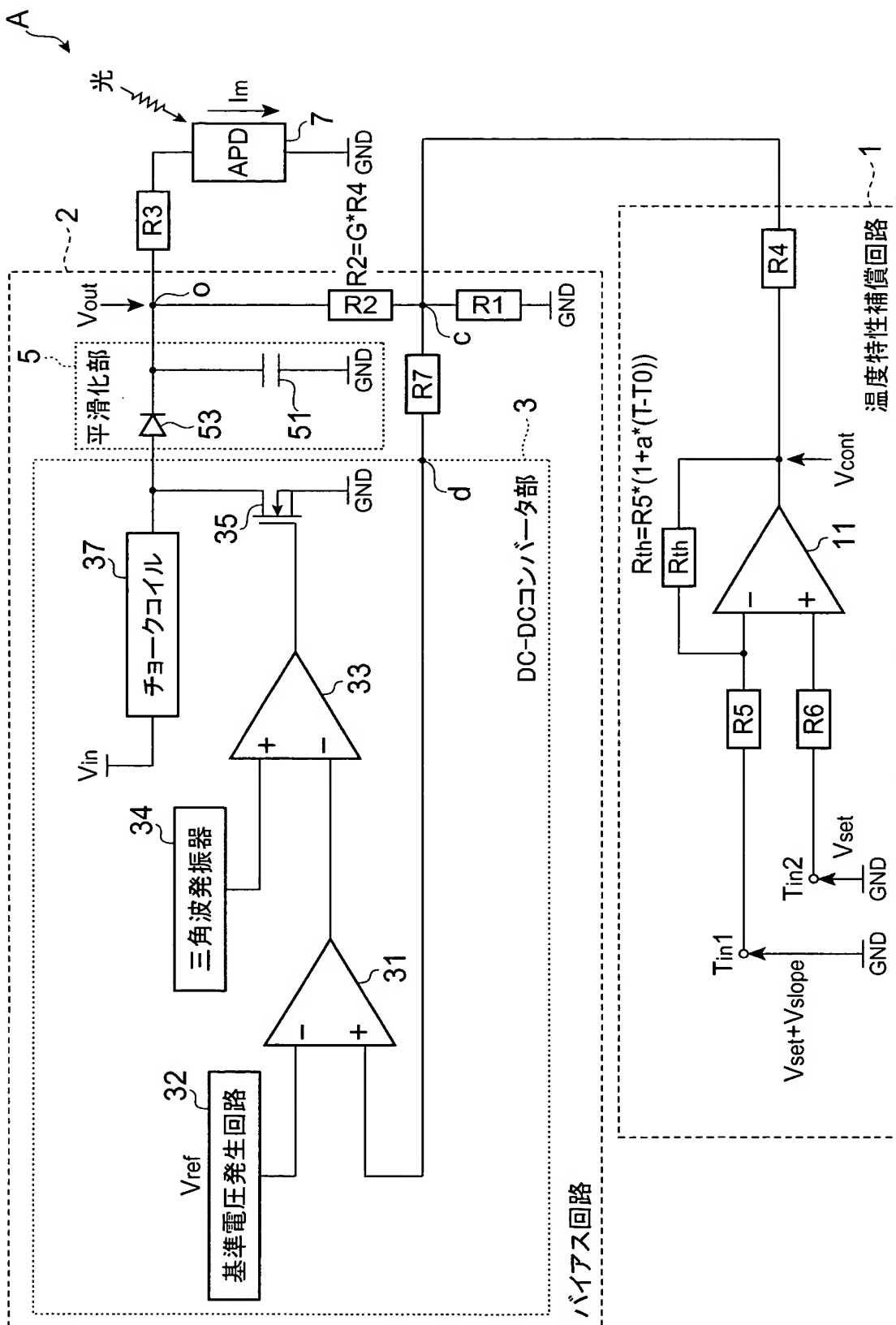
【書類名】

図面

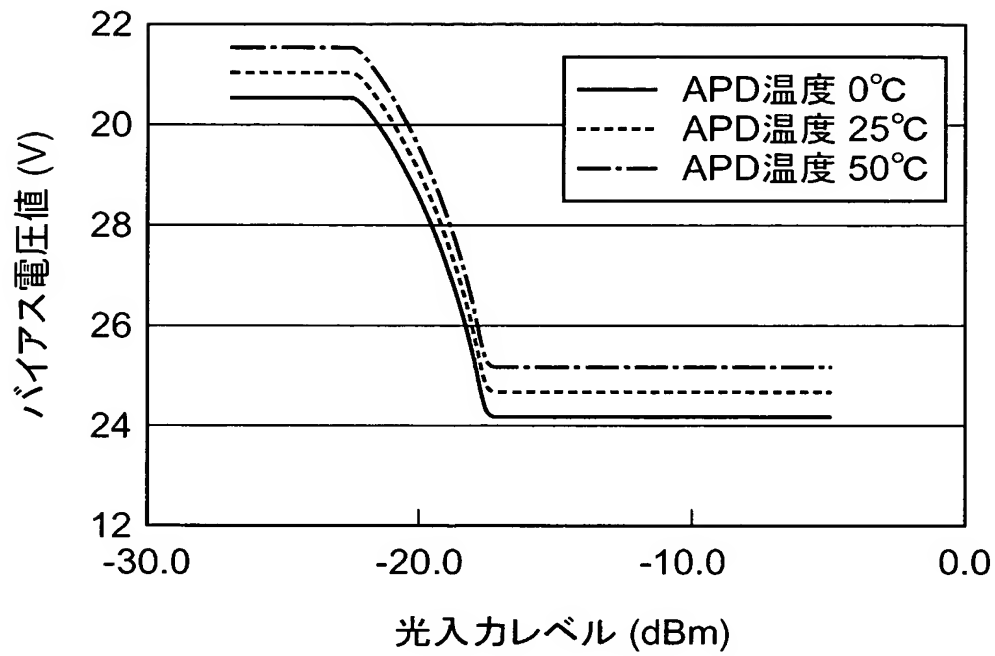
【図 1】



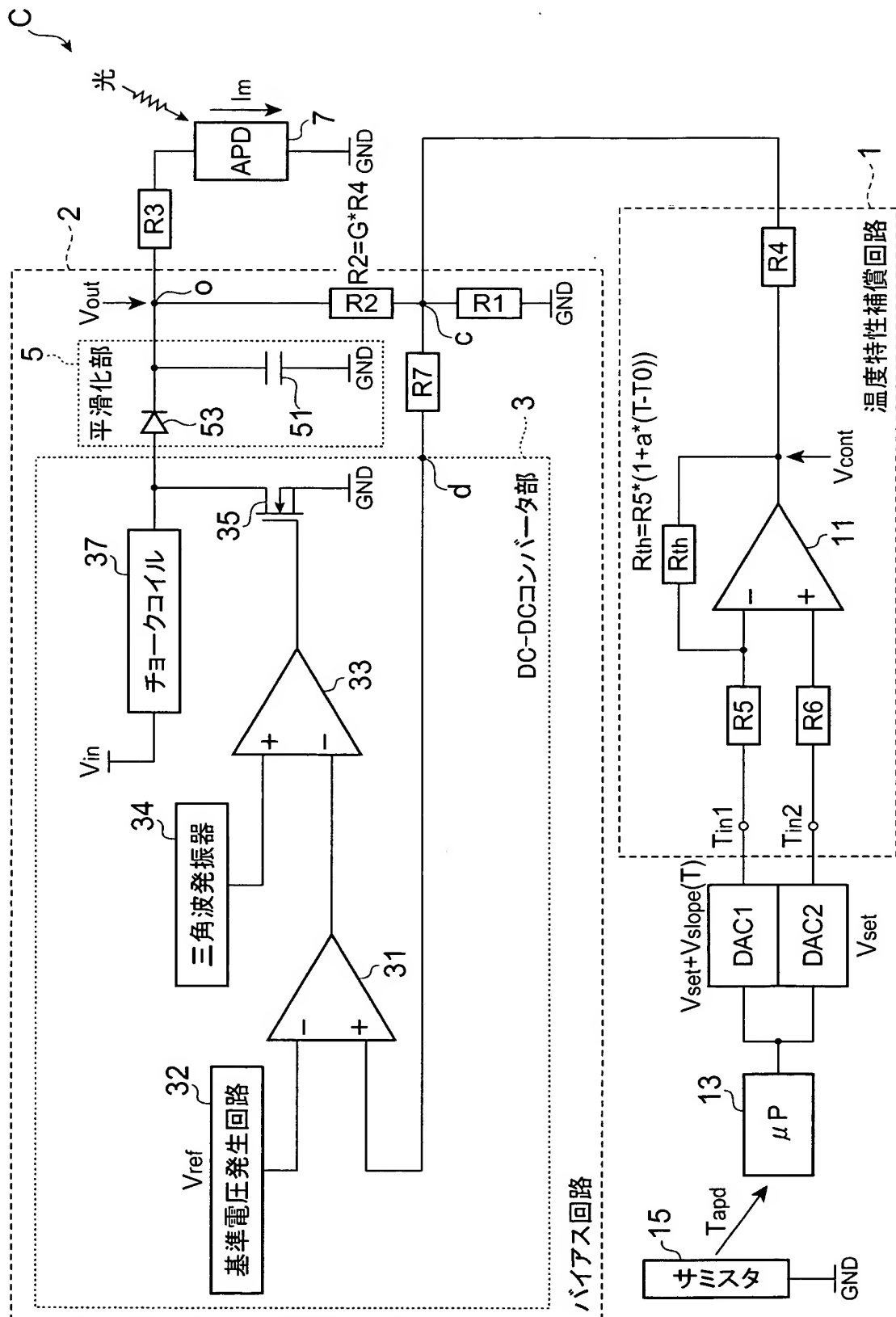
【図 2】



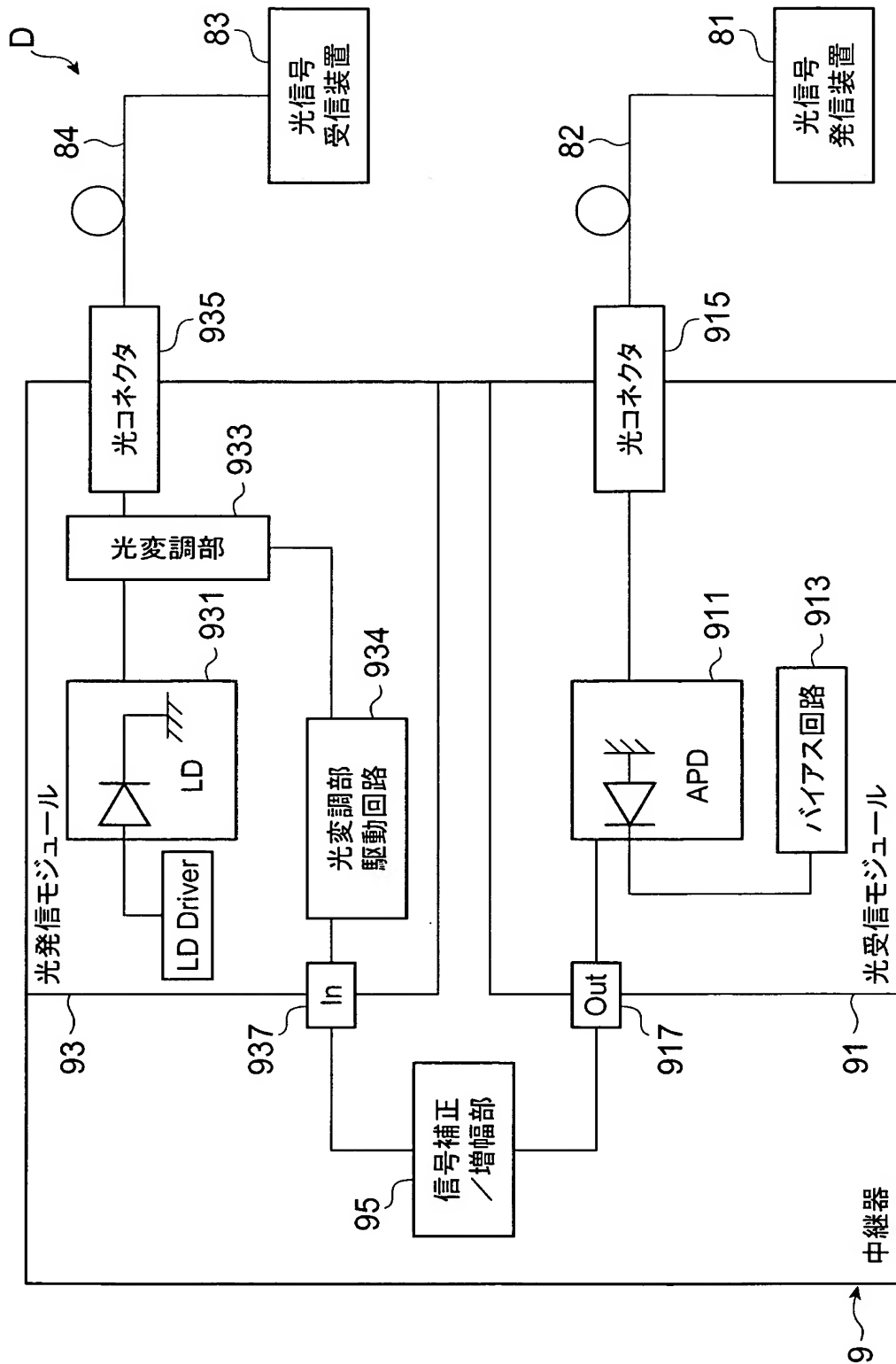
【図3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 温度係数と設定電圧値とを独立に調整することができる光受信回路を提供する。

【解決手段】 オペアンプ 11 の出力と反転入力と結ぶ負帰還回路が、温度変化に対して線形性の抵抗値を有すると共に APD 7 の温度を検出するように配置された感温抵抗  $R_{th}$  を備える。オペアンプ 11 の非反転入力抵抗  $R_6$  を介して入力端子  $T_{in2}$  に接続されており、反転入力抵抗  $R_5$  を介して入力端子  $T_{in1}$  に接続されている。一端がバイアス回路 2 の出力（o 点）に接続された抵抗  $R_2$  と、一端がグランドに接続された抵抗  $R_1$  と、抵抗  $R_1$  及び抵抗  $R_2$  の他端並びにバイアス回路 2 の入力（d 点）に接続された分圧点（c 点）とにより分圧回路が形成されている。オペアンプ 11 の出力が抵抗  $R_4$  を介して分圧点に接続されている。バイアス回路は、抵抗ネットワーク  $R_3$  を介して APD 7 に逆方向のバイアス電圧を供給する。

【選択図】 図 2



特願 2 0 0 3 - 0 8 9 2 7 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 3 0 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社